

拟鹅观草属 6 种 2 亚种和鹅观草属 3 种植物的核型研究

丁春邦 周永红* 郑有良 杨瑞武 魏秀华

(四川农业大学小麦研究所 四川都江堰 611830)

Karyotypes of six species and two subspecies in *Pseudoroegneria* and three species in *Roegneria*

DING Chun-Bang ZHOU Yong-Hong* ZHENG You-Liang

YANG Rui-Wu WEI Xiu-Hua

(Triticeae Research Institute, Sichuan Agricultural University, Dujiangyan, Sichuan 611830, China)

Abstract Karyotypes of six species and two subspecies in *Pseudoroegneria* and three species in *Roegneria* were investigated. The karyotype formulae were as follows: *P. spicata* (Pursh) A. Löve, $2n = 2x = 14 = 12m(2sat) + 2sm$; *P. strigosa* ssp. *aegilopoides* (Drobov) A. Löve, $2n = 2x = 14 = 12m(2sat) + 2sm$; *P. libanotica* (Hackel) A. Löve, $2n = 2x = 14 = 10m + 4sm(4sat)$; *P. stipifolia* (Zern. ex Nevski) A. Löve, $2n = 2x = 14 = 12m(2sat) + 2sm(2sat)$; *P. strigosa* (M. Bieb.) A. Löve, $2n = 2x = 14 = 12m + 2sm(2sat)$; *P. geniculata* (Trin.) A. Löve, $2n = 4x = 28 = 20m + 8sm(2sat)$; *P. geniculata* ssp. *scythica* (Nevski) A. Löve, $2n = 4x = 28 = 24m(2sat) + 4sm$; *P. gracillima* (Nevski) A. Löve, $2n = 4x = 28 = 24m(2sat) + 4sm$; *R. alashanica* Keng, $2n = 4x = 28 = 22m + 6sm(2sat)$; *R. elytrigoides* Yen & J. L. Yang, $2n = 4x = 28 = 22m + 6sm(4sat)$; *R. magnicaespes* (D. F. Cui) L. B. Cai, $2n = 4x = 28 = 22m + 6sm$. The results of karyotype analysis, together with evidence from cytogenetics and RAPD analysis, indicate that *R. alashanica*, *R. elytrigoides* and *R. magnicaespes* may better be placed in *Pseudoroegneria*.

Key words *Pseudoroegneria*, *Roegneria*, karyotype.

摘要 对拟鹅观草属 *Pseudoroegneria* 6 种 2 亚种和鹅观草属 *Roegneria* 3 种植物的核型进行了研究。核型公式如下: *P. spicata* (Pursh) A. Löve, $2n = 2x = 14 = 12m(2sat) + 2sm$; *P. strigosa* ssp. *aegilopoides* (Drobov) A. Löve, $2n = 2x = 14 = 12m(2sat) + 2sm$; *P. libanotica* (Hackel) A. Löve, $2n = 2x = 14 = 10m + 4sm(4sat)$; *P. stipifolia* (Zern. ex Nevski) A. Löve, $2n = 2x = 14 = 12m(2sat) + 2sm(2sat)$; *P. strigosa* (M. Bieb.) A. Löve, $2n = 2x = 14 = 12m + 2sm(2sat)$; *P. geniculata* (Trin.) A. Löve, $2n = 4x = 28 = 20m + 8sm(2sat)$; *P. geniculata* ssp. *scythica* (Nevski) A. Löve, $2n = 4x = 28 = 24m(2sat) + 4sm$; *P. gracillima* (Nevski) A. Löve, $2n = 4x = 28 = 24m(2sat) + 4sm$; 阿拉善鹅观草 *R. alashanica* Keng, $2n = 4x = 28 = 22m + 6sm(2sat)$; 昌都鹅观草 *R. elytrigoides* Yen & J. L. Yang, $2n = 4x = 28 = 22m + 6sm(4sat)$; 大丛鹅观草 *R. magnicaespes* (D. F. Cui) L. B. Cai, $2n = 4x = 28 = 22m + 6sm$ 。结合外部形态特征以及前人细胞遗传学和 RAPD 分析结果,推断 *R. alashanica*、*R. elytrigoides* 和 *R. magnicaespes* 很可能是在中国分布的拟鹅观草属植物。

关键词 拟鹅观草属; 鹅观草属; 核型

2002-12-09 收稿, 2003-09-27 收修改稿。

基金项目: 国家自然科学基金(30270099); 四川省教育厅、科技厅资助项目(Supported by the National Natural Science Foundation of China(30270099) and Department of Education and Science and Technology of Sichuan Province)。

* 通讯作者(Author for correspondence)

拟鹅观草属 *Pseudoroegneria* (Nevski) A. Löve 是由 Löve(1980)根据染色体组成建立的禾本科 Poaceae 小麦族 Triticeae 一个小属,多年生,约 15 种。Löve(1980)以 Nevski(1934)隶属于冰草属偃麦草亚属 *Agropyron* Gaertn. subgen. *Elytrigia* Desv. 的拟鹅观草组 sect. *Pseudoroegneria* Nevski 为基础,以 *Pseudoroegneria strigosa* (M. Bieb.) A. Löve 为模式而建立该属。拟鹅观草属形态上的主要特征为:簇生或丛生草本,异花授粉,穗状花序疏松,狭长;小穗单生,紧贴穗轴,含 3–5 小花,颖片小,约为小穗的一半;外稃长超过 10 mm,无芒或有芒;内稃与外稃近等长;花药长达 4–7 mm。拟鹅观草属的基本染色体组为 St 染色体组,有二倍体和四倍体,四倍体中包含有同源四倍体和部分同源四倍体,主要分布于中东、高加索、中亚以及北美西部(Dewey, 1984)。

拟鹅观草属的 St 染色体组在小麦族系统演化方面占有极为重要的地位,是组成披碱草属 *Elymus* L.、偃麦草属 *Elytrigia* Desv.、鹅观草属 *Roegneria* C. Koch.、仲彬草属 *Kengyilia* Yen & Yang、狷草属 *Hystrix* Moench 和 *Sitanion* Raf. 等 150 种以上植物的 St 染色体组的供体物种。

在中国,拟鹅观草属目前只有 *P. strigosa* (M. Bieb.) A. Löve 和 *P. cognata* (Hackel) A. Löve (= *Elytrigia ferganensis* (Drobov) Nevski) 两个物种,但《中国植物志》和各地方植物志中均未记载这个属。阿拉善鹅观草 *R. alashanica* Keng、昌都鹅观草 *R. elytrigioides* Yen & J. L. Yang 和大丛鹅观草 *R. magnicaespes* (D. F. Cui) L. B. Cai 这 3 个物种均为四倍体,形态上极为相似,都为多年生丛生草本,穗状花序疏松,狭长,小穗单生,紧贴穗轴。从形态特征来看,这 3 个物种与拟鹅观草属的特征极为相似。Lu(1994)对昌都鹅观草的染色体组进行了分析,发现它的染色体组为 $St_1St_1St_2St_2$,按照 Löve(1982, 1984)和 Dewey(1984)的观点,已把它从鹅观草属组合到拟鹅观草属中。周永红等(1999)选用鹅观草属 26 个种进行了 RAPD 分析,发现阿拉善鹅观草和大丛鹅观草与其余分析的 24 个鹅观草属物种存在极大的遗传差异。张新全等(1999)的细胞遗传学研究表明,阿拉善鹅观草和大丛鹅观草很可能含有一个 St 染色体组,另一组还需进一步研究。如果它们同昌都鹅观草的染色体组 $St_1St_1St_2St_2$ 相同,就应从鹅观草属中组合到拟鹅观草属中。因此,系统整理和研究我国拟鹅观草属物种及其地理分布,对研究我国的披碱草属、偃麦草属、鹅观草属、仲彬草属和狷草属物种的起源和演化具有重要意义。

本实验选用了拟鹅观草属的 5 个二倍体类群(*P. spicata* (Pursh) A. Löve, *P. strigosa* (M. Bieb.) A. Löve, *P. strigosa* ssp. *aegilopoides* (Drobov) A. Löve, *P. libanotica* (Hackel) A. Löve, *P. stipifolia* (Zem. ex Nevski) A. Löve)和 3 个四倍体类群(*P. geniculata* (Trin.) A. Löve, *P. geniculata* ssp. *scythica* (Nevski) A. Löve, *P. gracillima* (Nevski) A. Löve)以及阿拉善鹅观草、昌都鹅观草和大丛鹅观草共 11 个类群进行核型分析,旨在系统地研究拟鹅观草属的核型,为研究国产拟鹅观草属的系统学积累细胞学资料。

1 材料和方法

1.1 材料

除大丛鹅观草由杨俊良和颜济采自新疆库车,阿拉善鹅观草和昌都鹅观草由周永红、杨瑞武、丁春邦等分别采自宁夏银川、西藏昌都外,其余材料的种子均由美国国家种质资

源库(National Germplasm Repositories , USA)提供(表 1) ,所有材料均种植于四川农业大学小麦研究所多年生种质圃 ,凭证标本保存于四川农业大学小麦研究所植物标本室(SAUT)。

表 1 材料来源
Table 1 Source of material

| 分类群 Taxon | 采集地 Provenance | 凭证标本 Voucher |
|--|-------------------------------------|-------------------|
| <i>Pseudoroegneria spicata</i> (Pursh) A. Löve | 美国加利福尼亚 California , U. S. A. | PI232134 (SAUT) |
| <i>P. strigosa</i> (M. Bieb.) A. Löve | 中国新疆乌鲁木齐 Ürtimqi , Xinjiang , China | PI499493 (SAUT) |
| <i>P. strigosa</i> ssp. <i>aegilopoides</i> (Drobov) A. Löve | 中国新疆乌鲁木齐 Ürtimqi , Xinjiang , China | PI595164 (SAUT) |
| <i>P. libanotica</i> (Hackel) A. Löve | 伊朗 Iran | PI228391 (SAUT) |
| <i>P. stipifolia</i> (Zern. ex Nevski) A. Löve | 俄罗斯联邦 Russian Federation | PI325181 (SAUT) |
| <i>P. geniculata</i> (Trin.) A. Löve | 俄罗斯联邦 Russian Federation | PI565009 (SAUT) |
| <i>P. geniculata</i> ssp. <i>scythica</i> (Nevski) A. Löve | 俄罗斯联邦 Russian Federation | PI283272 (SAUT) |
| <i>P. gracillima</i> (Nevski) A. Löve | 前苏联 Former Soviet Union | PI420842 (SAUT) |
| 昌都鹅观草 | 中国西藏昌都 Qamdo , Xizang , China | Z2005 (SAUT) |
| <i>Roegneria elytrigoides</i> Yen & J. L. Yang | | |
| 阿拉善鹅观草 | 中国宁夏银川 Yinchuan , Ningxia , China | Z2006 (SAUT) |
| <i>R. alashanica</i> Keng | | |
| 大丛鹅观草 | 中国新疆库车 Kuqa , Xinjiang , China | Y9512 (SAUT) |
| <i>R. magnaespes</i> (D. F. Cui) L. B. Cai | | |

1.2 方法

将供试材料的种子在 25 ℃恒温条件下萌发取根 ,根尖用冰水混合物处理 24 h ;卡诺氏 I 液(酒精:冰醋酸 = 3 : 1)固定 24 h ,在 1 mol/L 盐酸中于 60 ℃恒温水解 8 - 10 min ;希夫(Schiff)试剂染色 ;45% 醋酸压片。OLYMPUS BX51 显微镜观察 ,SPOT INSIGHT COLOR 成像系统成像 ,OLYMPUS P-400 打印机打印照片。每个种选择 5 个有丝分裂分散好的细胞观察测量 ,按李懋学和陈瑞阳(1985)的方法计算其平均值 ,核型不对称系数按 Arano (1963)的方法计算 ,核型分类依照 Stebbins(1971)提出的标准进行。

2 实验结果

观察的 11 个类群的染色体形态和核型如图 1 - 22 所示 ,核型模式图见图 23 ,染色体参数见表 2。其中 *P. spicata*、*P. strigosa* ssp. *aegilopoides*、*P. libanotica*、*P. stipifolia* 的核型分别与过去 Hsiao 等(1986)的报道略有差异 ,由于我们所选用的居群不同 ,故这可能是种下变异或是实验处理方法不同所致 ,其余 7 个类群的核型均为首次报道。

从本实验的拟鹅观草属 6 种 2 亚种和鹅观草属 3 种植物共 11 个分类群来看 ,其核型主要由中部着丝点染色体和近中部着丝点染色体所组成 ,且中部着丝点染色体是各个类群核型的主要组成部分。除大丛鹅观草外 ,随体染色体均有出现 ,位于染色体短臂上。从核型类型来看 ,除 *P. strigosa*、*P. geniculata* ssp. *scythica* 和 *P. gracillima* 属于 1A 核型外 ,其余种类的核型类型都是 2A 型。核型差异主要表现在表 2 所列出的染色体长度比、平均臂比、臂比大于 2 的染色体比例和不对称系数等参数上。

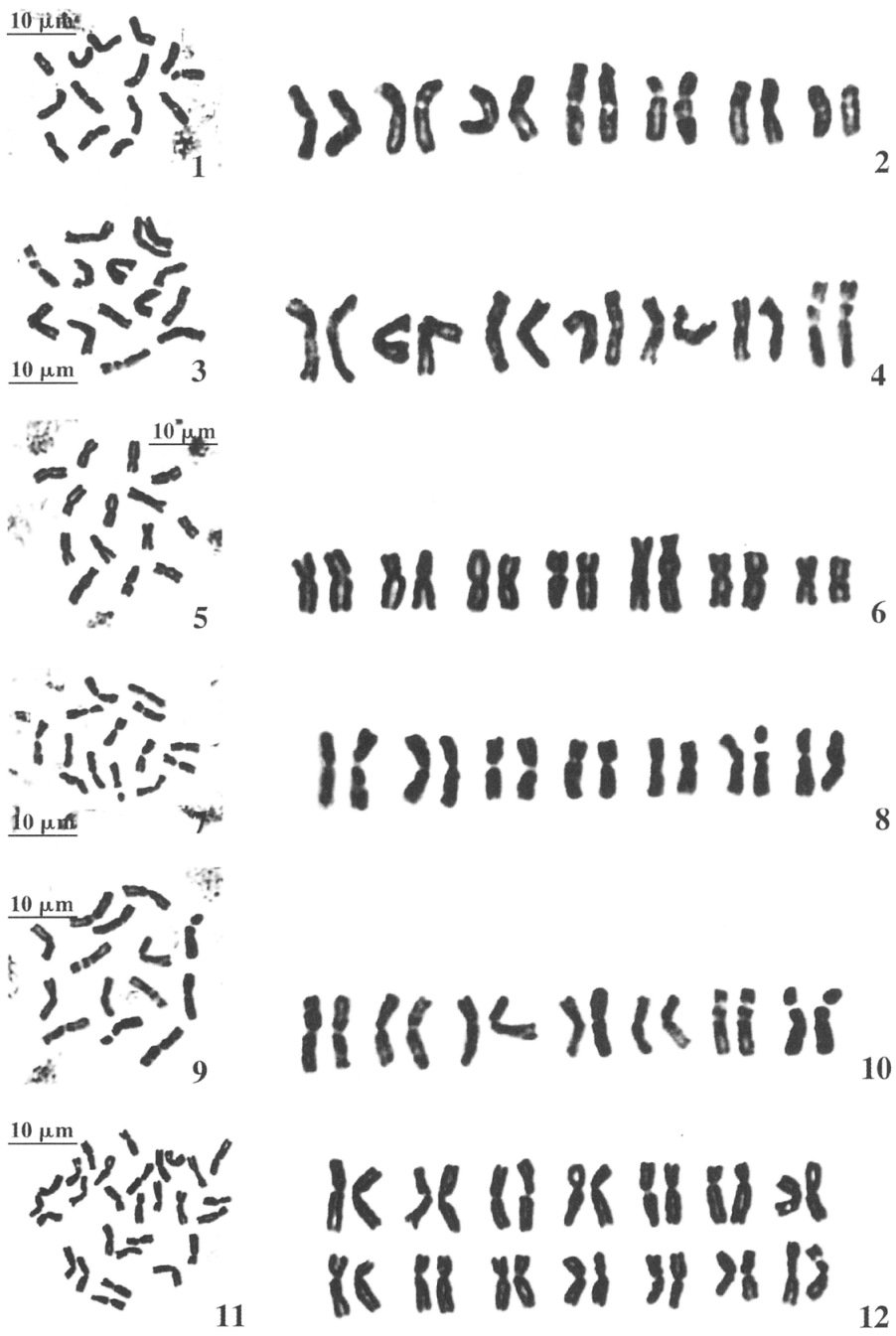


图 1-12 6 个拟鹅观草属类群的染色体形态及核型
Figs. 1-12. The morphology of somatic chromosomes and karyotypes of six taxa in *Pseudoroegneria*.
1, 2. *P. spicata*. 3, 4. *P. strigosa*. 5, 6. *P. strigosa* ssp. *aegilopoides*. 7, 8. *P. stipifolia*. 9, 10. *P. libanotica*. 11, 12. *P. geniculata*.



图 13-22 2 个拟鹅观草属类群和 3 个鹅观草属类群的染色体形态及核型 13, 14. *P. geniculata* ssp. *scythica*. 15, 16. *P. gracillima*. 17, 18. 阿拉善鹅观草. 19, 20. 昌都鹅观草. 21, 22. 大丛鹅观草.
Figs. 13-22. The morphology of somatic chromosomes and karyotypes of two taxa in *Pseudoroegneria* and three taxa in *Roegneria*. 13, 14. *P. geniculata* ssp. *scythica*. 15, 16. *P. gracillima*. 17, 18. *R. alashanica*. 19, 20. *R. elytrigoides*. 21, 22. *R. magnicaespes*.

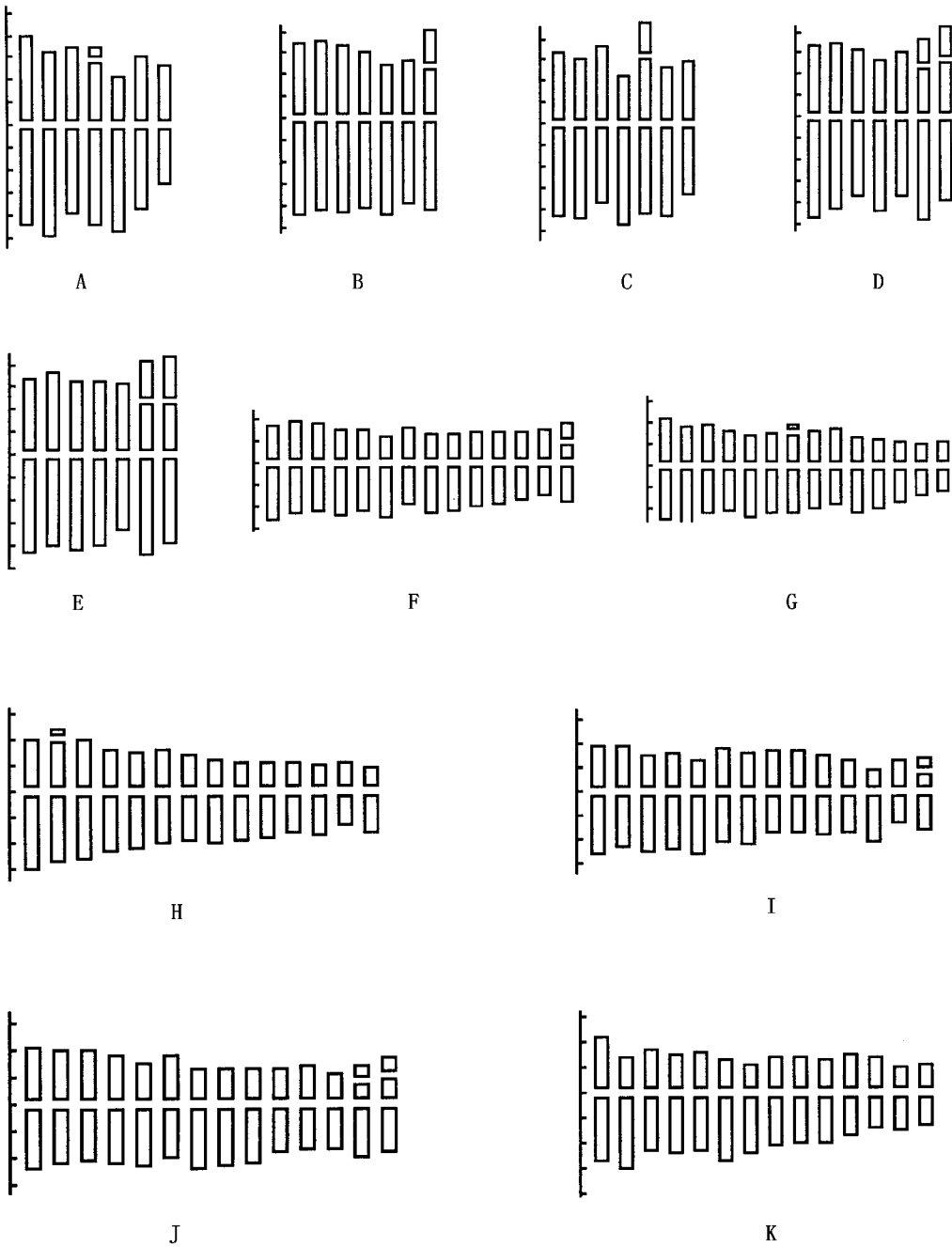


图 23 6 种 2 亚种拟鹅观草属植物和 3 种鹅观草属植物的核型模式图 A. *P. spicata*. B. *P. strigosa*. C. *P. strigosa* ssp. *aegilopoides*. D. *P. stipifolia*. E. *P. libanotica*. F. *P. geniculata*. G. *P. geniculata* ssp. *scythica*. H. *P. gracillima*. I. 阿拉善鹅观草. J. 昌都鹅观草. K. 大丛鹅观草.

Fig. 23. Idiograms of six species and two subspecies in *Pseudoroegneria* and three species in *Roegneria*. A, *P. spicata*. B, *P. strigosa*. C, *P. strigosa* ssp. *aegilopoides*. D, *P. stipifolia*. E, *P. libanotica*. F, *P. geniculata*. G, *P. geniculata* ssp. *scythica*. H, *P. gracillima*. I, *R. alashanica*. J, *R. elytrigioides*. K, *R. magnicaespes*.

表 2 6 种 2 亚种拟鹅观草属和 3 种鹅观草属植物的染色体参数
Table 2 Parameters of chromosomes of six species and two subspecies in *Pseudoroegneria* and three species in *Roegneria*

| 分类群 Taxon | 核型公式 Karyotypic formula | 平均臂比 A. A. R | 最长/最短 Lc/Sc | 臂比 > 2 的比率 P. C. A | 不对称系数 As. k (%) | 类型 Type |
|---|--|-----------------|----------------|-----------------------|----------------------|------------|
| <i>Pseudoroegneria spicata</i> | 2n = 2x = 14 = 12m (2sat) + 2sm | 1.36 | 1.59 | 0.14 | 57.76 | 2A |
| <i>P. strigosa</i> | 2n = 2x = 14 = 12m + 2sm (2sat) | 1.41 | 1.21 | 0 | 58.53 | 1A |
| <i>P. strigosa</i> ssp. <i>aegilopoides</i> | 2n = 2x = 14 = 12m (2sat) + 2sm | 1.40 | 1.23 | 0.14 | 58.40 | 2A |
| <i>P. stipifolia</i> | 2n = 2x = 14 = 12m (2sat) + 2sm (2sat) | 1.46 | 1.25 | 0.14 | 59.49 | 2A |
| <i>P. libanotica</i> | 2n = 2x = 14 = 10m + 4sm (4sat) | 1.38 | 1.23 | 0.14 | 58.27 | 2A |
| <i>P. geniculata</i> | 2n = 4x = 28 = 20m + 8sm (2sat) | 1.46 | 1.59 | 0.14 | 59.29 | 2A |
| <i>P. geniculata</i> ssp. <i>scythica</i> | 2n = 4x = 28 = 24m (2sat) + 4sm | 1.34 | 1.86 | 0 | 57.22 | 1A |
| <i>P. gracillima</i> | 2n = 4x = 28 = 24m (2sat) + 4sm | 1.39 | 1.90 | 0 | 58.20 | 1A |
| <i>Roegneria alashanica</i> | 2n = 4x = 28 = 22m + 6sm (2sat) | 1.39 | 1.95 | 0.21 | 58.11 | 2A |
| <i>R. elytrigoides</i> | 2n = 4x = 28 = 22m + 6sm (4sat) | 1.42 | 1.65 | 0.07 | 58.65 | 2A |
| <i>R. magnicaespes</i> | 2n = 4x = 28 = 22m + 6sm | 1.49 | 1.80 | 0.14 | 59.96 | 2A |

A. A. R. , average arm ratio ; Lc , longest chromosome ; Sc , shortest chromosome ; P. C. A. , percentage of chromosomes with arm ratio > 2 ; As. k (%) , index of the karyotypic asymmetry .

3 讨 论

Oinuma (1953)在山羊草属 *Aegilops* L.和小麦属 *Triticum* L.的许多种中经过研究得出结论为“ 染色体组与核型有平行的演化性质 ”,换句话说,即“ 具有相同染色体组的不同物种具有相似的核型 ”。这一结论已被现代细胞学广泛应用,即从染色体形态来识别染色体组(Hsiao et al. , 1986)。 *P. geniculata* 为部分同源四倍体,其染色体组成为 St₁St₁St₂St₂ (Dewey , 1984)。 Lu (1994)研究发现昌都鹅观草也为部分同源四倍体,其染色体组成为 St₁St₁St₂St₂ 与 *P. geniculata* 的染色体组成相同。本实验核型分析发现阿拉善鹅观草和大丛鹅观草的核型与昌都鹅观草和拟鹅观草属 *P. geniculata* 的核型相似,均为 2A 型,根据 Oinuma (1953)的观点,推断阿拉善鹅观草和大丛鹅观草可能具有与昌都鹅观草和 *P. geniculata* 相似的染色体组,即含有 St₁St₁St₂St₂ 染色体组。

在形态上,阿拉善鹅观草、大丛鹅观草和昌都鹅观草都为多年生丛生草本,穗状花序疏松,狭长,小穗单生,紧贴穗轴,这些特征都与拟鹅观草属的特征相似。昌都鹅观草与阿拉善鹅观草的区别仅在于其根状茎显著较长、穗较长且小穗数较多(5 – 12 枚)颜济,杨俊良, 1984),而大丛鹅观草与阿拉善鹅观草的区别在于其秆基部草质不坚硬,形成较大的草丛,小穗轴密被微毛(崔大方, 1990)。蔡联炳(1997)从形态上把昌都鹅观草处理为阿拉善鹅观草的一个变种。

因此,从本研究核型分析的结果与前人细胞遗传学(张新全等, 1999)和 RAPD 分子标记研究(周永红等, 1999)的结果以及外部形态特征来看,阿拉善鹅观草、昌都鹅观草、大丛鹅观草和拟鹅观草属的 *P. geniculata* 的亲缘关系较近,阿拉善鹅观草和大丛鹅观草与昌都鹅观草一样,也可能是在中国分布的四倍体拟鹅观草属物种,这需要进一步的研究证实。

参 考 文 献

- Arano H. 1963. Cytological studies in subfamily Carduoideae (Compositae) of Japan, IX. Botanical Magazine (Tokyo) 76: 32 – 39.
- Cai L-B (蔡联炳). 1997. A taxonomical study on the genus *Roegneria* C. Koch from China. Acta Phytotaxonomica Sinica (植物分类学报) 35: 148 – 177.
- Cui D-F (崔大方). 1990. New taxa of *Elymus* L. from Xinjiang. Bulletin of Botanical Research (植物研究) 10: 25 – 38.
- Dewey D R. 1984. The genomic system of classification as a guide to intergeneric hybridization with the perennial Triticeae. In: Gustafson J P ed. Gene Manipulation in Plant Improvement. New York: Plenum Publishing Corporation. 209 – 280.
- Hsiao C, Wang R C, Dewey D R. 1986. Karyotype analysis and genome relationships of 22 diploid species in the tribe Triticeae. Canadian Journal of Genetics and Cytology 28: 109 – 120.
- Li M-X (李懋学), Chen R-Y (陈瑞阳). 1985. A suggestion on the standardization of karyotype analysis in plants. Journal of Wuhan Botanical Research (武汉植物学研究) 3: 297 – 302.
- Löve A. 1980. IOPB chromosome number reports. LXVI. Poaceae-Triticeae-Americanae. Taxon 29: 163 – 169.
- Löve A. 1982. Generic evaluation of the wheatgrass. Biologisches Zentralblatt 101: 199 – 212.
- Löve A. 1984. Conspectus of the Triticeae. Feddes Repertorium 95: 425 – 521.
- Lu B R. 1994. Meiotic analysis of the intergeneric hybrids between *Pseudoroegneria* and tetraploid *Elymus*. Cathaya 6: 1 – 14.
- Nevski S A. 1934. Tribe Hordeae Benth. In: Komarov V L, Roshevits R Y, Shishkin B K eds. Flora USSR. Leningrad: Academy of Science Press USSR. 2: 590 – 728.
- Oinuma T. 1953. Karyomorphology of cereals. IX. Karyotype alteration in *Aegilops* and *Triticum* and relationship between karyotype and genome. Japanese Journal of Genetics 28: 219 – 226.
- Stebbins G L. 1971. Chromosomal Evolution in Higher Plants. London: Edward Arnold.
- Yen C (颜济), Yang J-L (杨俊良). 1984. A new species of *Roegneria* from Xizang (Tibet). Acta Botanica Yunnanica (云南植物研究) 6: 75 – 76.
- Zhang X-Q (张新全), Wu B-H (伍碧华), Yan J (颜济), Yang J-L (杨俊良), Zheng Y-L (郑有良). 1999. Cytogenetic studies of F_1 hybrids of *R. magnicaespes*, *R. grandis* and *R. alashanica* (Poaceae: Triticeae). Acta Prataculturae Sinica (草业学报) 8: 23 – 28.
- Zhou Y-H (周永红), Yang J-L (杨俊良), Zheng Y-L (郑有良), Yan J (颜济), Jia J-Z (贾继增), Wei Y-M (魏育明). 1999. RAPD study on inter-species relationships in *Roegneria* (Poaceae: Triticeae). Acta Botanica Sinica (植物学报) 41: 1076 – 1081.